

*IX Международная научно-техническая конференция
«Тепло – и массообменные процессы в металлургических системах»*

УДК 669.054.8

**СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ ЖГО
МИКСЕРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ И ОТДЕЛЕНИЯ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ**

Маслов В. А.¹, Трофимова Л. А.², Дан Л. А.³

Рассмотрены химический и гранулометрический составы, удельное электрическое сопротивление, удельная намагниченность насыщения и др. свойства дисперсных железографитовых отходов (ЖГО) миксерного отделения и отделения десульфурации металлургического предприятия.

Известно, что металлургическое производство по степени ущерба, наносимого окружающей среде, занимает второе место среди отраслей промышленности после топливно-энергетического комплекса [1, 2]. В общем объеме отходов металлургического предприятия отходы, содержащие графит и оксиды железа, составляют значительную часть. Железографитовые отходы (ЖГО) образуются на всех этапах охлаждения и особенно переливов чугуна.

По данным авторов [3, 4] образуется до 600 г ЖГО на 1 т чугуна. В целом по металлургическим предприятиям Украины накопилось значительное количество таких отходов [1].

Важным является не только сбор этих отходов, но и наиболее рациональное их использование.

Весьма важным является поиск новых направлений рационального использования как самих ЖГО, так и материалов и изделий на их основе или с их применением. Однако неоднородность свойств дисперсных ЖГО приводит к нестабильным свойствам у материалов и изделий, которые должны были иметь определенный фазовый и химический состав, удельную электропроводность и магнитные свойства за счет наличия Fe_3O_4 или $\text{Fe}_{\text{мет}}$. В связи с этим необходимо было провести комплексные и систематические исследования физико-химических, электрофизических и др. свойств дисперсных ЖГО, накапливаемых в системах газоочистки миксерных отделений, отделений десульфурации. Объектом исследований были выбраны дисперсные ЖГО отобранные из приемных бункеров систем очистки миксерного отделения и отделения десульфурации ПАО «МК «Азовсталь» (г.

¹ГВУЗ «ПГТУ», д-р техн. наук, профессор

²ГВУЗ «ПГТУ», канд. техн. наук, доцент

³ГВУЗ «ПГТУ», канд. техн. наук, доцент

Мариуполь). Проводился системный анализ интегрального и дифференциального химического и гранулометрического составов, насыпной плотности, удельного электросопротивления, удельной намагниченности насыщения [5]. В течение шести месяцев было отобрано свыше 100 образцов дисперсных ЖГО.

На рис. 1 приведены максимальный, минимальный и усредненный химический состав исходных полидисперсных ЖГО. Из рисунка видно, в состав изучаемого материала входит углерод в виде графита, металлическое железо, его оксиды (FeO , Fe_2O_3) и примеси (Al_2O_3 , MnO , MgO , SiO_2 , P_2O_5 , CaO).

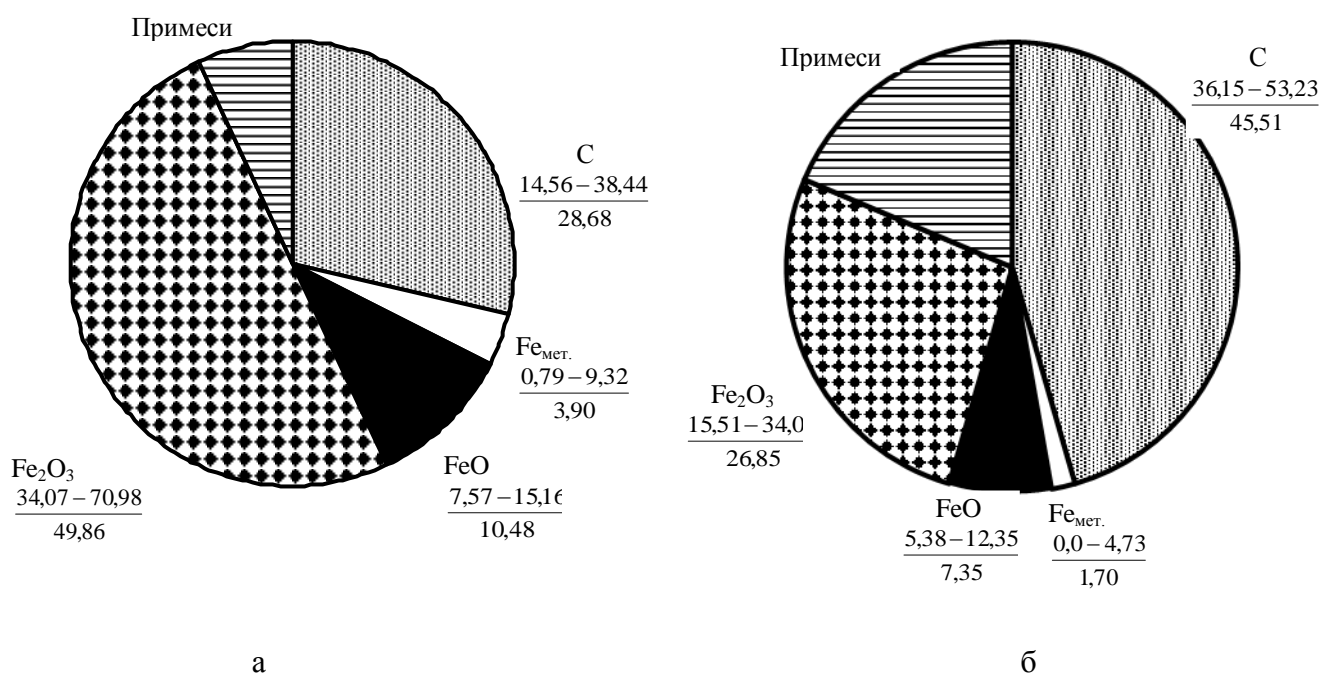


Рисунок 1 – Средний химический состав ЖГО, отобранных из бункеров миксерного отделения (а) и отделения десульфурации (б) ОАО «МК «Азовсталь», % мас.:

числитель: минимальное – максимальное значение; знаменатель – среднее значение

Химический анализ исследуемых материалов позволял определять отдельно только содержание вюстита и гематита. Однако наличие магнитных свойств этих ЖГО предопределяет содержание как Fe_3O_4 , так и $\text{Fe}_{\text{мет.}}$. Вместе с тем из всех оксидов железа, содержащихся в ЖГО, только магнетит обладает магнитными свойствами [6]. Дополнение результатов химического анализа результатами исследования магнитных свойств ЖГО обеспечило получение полной картины их состава.

Содержание $\text{Fe}_{\text{мет.}}$ можно определить химическим методом, а Fe_3O_4 – только магнитным. Из различных магнитных свойств для описания ЖГО нами было выбрано фазочувствительное свойство – удельная намагниченность насыщения, σ_s , в насыщенных

магнитных полях, которая применима для исследования дисперсных магнитных материалов [7].

Проведенные измерения и вычисления показали, что в ЖГО миксерного отделения содержится 21 – 32 % Fe_3O_4 , а отделения десульфурации – 15 – 18 %. Так как более высокими магнитными свойствами обладают отходы миксерного отделения, то они были выбраны в качестве базовых для дальнейших исследований.

Химический состав дисперсных ЖГО существенно зависит от их дисперсности.

Результаты ситового анализа образцов ЖГО миксерного и отделения десульфурации показывают, что основная часть материала имеет дисперсность менее 400 мкм (рис. 2). Зная вес каждой i -ой фракции полидисперсного материала m_i и массу смеси, был вычислен средний размер частиц материала, который составил 174 мкм. Пользуясь соотношением математической статистики, было определено среднеквадратичное отклонение размеров частиц от среднего значения, которое составило $\sigma = 0,199$. Вычисленные величины среднего линейного размера $d_{\text{ср}}$ дисперсных ЖГО и математической дисперсии позволили оценить степень полидисперсности материала, подсчитав его коэффициент вариации:

$$\eta = \frac{\sigma}{d_{\text{ср}}} = \frac{0,199}{0,174} = 1,142. \quad (3)$$

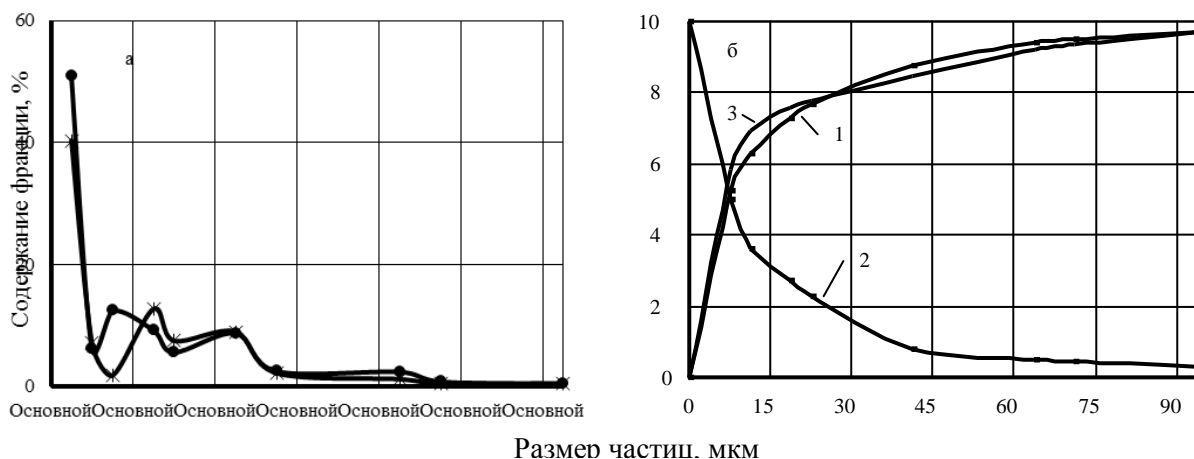


Рисунок 2 – Распределение частиц по размерам в дисперсных ЖГО (усредненные данные):

а – дифференциальные кривые: * – отделение десульфурации; • – миксерное отделение; б – интегральные кривые: 1 – кривая по минусу (отделение десульфурации); 2 – кривая по плюсу (отделение десульфурации); 3 – кривая по минусу (миксерное отделение)

Полученные данные свидетельствуют, что в дисперсных ЖГО преобладают мелкие частицы при малой их однородности.

Сравнение усредненных кривых по отделению десульфурации и миксерного

отделения (см. рис. 2, а, б) показало, что закономерности распределения частиц ЖГО по фракциям являются универсальными для всех исследованных образцов.

Анализ распределения основных компонентов ЖГО по фракциям показал следующее: с уменьшением размера частиц содержание углерода уменьшается от 85 % для фракции (-1,0 + 0,2) мм до 7,3 % для фракции менее 0,05 мм. Содержание FeO увеличивается от 3,12 % для фракции (-1,0 + 0,2) мм до 16,02 % для фракции (-0,10+0,063) мм. Для фракции (-0,05 мм) содержание FeO – 15,46 %. Содержание Fe₂O₃ монотонно возрастало с уменьшением размера частиц от 4 % для фракции (-1,0+0,2) мм до 63,3 % для фракции менее 0,05 мм. Расчетное количество Fe₃O₄ с уменьшением размера частиц увеличивалось от 11 % для фракции (-0,2+0,16) мм до 42 % для фракции менее 0,05 мм.

Проведенные исследования показали, что присутствие в ЖГО металлического железа и магнетита предопределяет наличие у них магнитных свойств. Для исходного материала измеренная величина σ_s составляет 14,2 – 22,1 А·м²/кг.

Физические характеристики дисперсных материалов являются определяющими при оценке возможности их применения в композиционных материалах или в качестве самостоятельных порошковых материалов. К числу таких характеристик кроме удельной намагниченности насыщения относится удельное объемное электрическое сопротивление, ρ_v . Дисперсные ЖГО обладают, как правило, весьма малым удельным электрическим сопротивлением $(4,18 - 0,46) \cdot 10^{-4}$ Ом·м [8].

Исследованиями определена насыпная плотность ЖГО миксерного отделения – $(0,82 - 0,92) \cdot 10^3$ кг/м³ и ЖГО отделения десульфурации – $(0,45 - 0,61) \cdot 10^3$ кг/м³. Было обнаружено, что увеличение насыпной плотности происходит с уменьшением содержания углерода в них и, соответственно, с увеличением доли оксидной составляющей.

Угол естественного откоса дисперсного материала также характеризует поведение этого материала при проведении различных технологических операций. Его определяли как угол наклона свободно насыпанного материала к горизонтальной плоскости. Для ЖГО миксерного отделения величина этого угла составила 36 °, для ЖГО отделения десульфурации – 28 °.

Проведенные исследования показали, что в силу различных условий образования ЖГО миксерного отделения и отделения десульфурации обладают различными свойствами.

Библиографический список

1. Каненко Г.М. Состояние и перспективы утилизации железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины / Г. М. Каненко, В. А. Носков, В. Ф. Макогон // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 4. – С. 98–100.
2. Клягин Г. С. Управление отходами металлургического производства в Донбассе / Г. С. Клягин, В. И. Ростовский // Теория и практика металлургии. – 2000. – № 6. – С. 13–14.
3. Гуров Н. И. Разработка технологии переработки графитосодержащих металлоотходов на металлургических заводах / Н. И. Гуров, В. А. Рыбалко, Е. М. Зинякин // Заготовка и переработка вторичных черных металлов. – М., 1980. – Вып. 8. – С. 16–24.
4. Гуров Н. И. Определение объема ресурсов графита в графитосодержащих отходах металлургических заводов и эффективность их использования / Н. И. Гуров, А. А. Федотов // Сталь. – 1982. – № 11. – С. 16–18.
5. Маслов В. А. Дисперсные железографитовые отходы как сырье для получения новых материалов / В. А. Маслов, Л. А. Трофимова, Л. А. Дан // Сталь. – 2009. – № 3. – С. 67–70.
6. Кармазин В. И. Магнитные методы обогащения / В. И. Кармазин, В. В. Кармазин. – М. : Недра, 1978. – 255 с.
7. Тульчинский Л. Н. Особенности магнитных измерений порошков / Л. Н. Тульчинский // Порошковые магнитные материалы : сб. науч. тр. / ИПМ АН УССР. – Киев, 1984. – С. 117–127.
8. Шкавро В. Г. Исследование доменного графита / В. Г. Шкавро // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1964. – № 11. – С. 29–33.